

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****10/509058**

REC'D 27 MAY 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 13 792.7

**Anmeldetag:** 27. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle

**IPC:** H 01 M, C 01 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 3. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Faust

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

R.41000

27. März 2002

5 Robert Bosch GmbH

**Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle**

10

Technisches Gebiet

5

20

Die Brennstoffzelle kehrt den Prozeß der Elektrolyse um. Wasserstoff und Sauerstoff werden unter Freisetzung von elektrischer Energie direkt zu Wasser umgesetzt. Brennstoffzellen werden aufgrund ihrer geringen Schadstoffemissionen und ihres hohen Wirkungsgrades unter anderem in Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzt. Brennstoffzellenfahrzeuge werden durch einen Elektromotor angetrieben, für den die Brennstoffzellen den Strom liefern. Da die direkte Speicherung von Wasserstoff in Tanks technisch aufwendig ist und der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur mit hohen Kosten und Problemen verbunden wäre, bietet sich als Alternative die Wasserstoffherstellung an Bord an. Eine Möglichkeit dafür stellt die Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen dar, beispielsweise von Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) oder (schwefelfreien) Ottokraftstoffen.

25

30

35

Stand der Technik

Flüssiger Kraftstoff (z.B. Methanol, Ethanol, Benzin, ...) im Tank eines Brennstoffzellenfahrzeugs muss in einem Reformer zu Wasserstoff konvertiert werden. Dazu wird im Stande der Technik z.B. das Methanol mit Wasser vermischt und verdampft. Bei Temperaturen zwischen 250 und 300°C und mit Hilfe eines Katalysators wird das Gemisch in Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ), Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ ) zerlegt. In einer Gasreinigungsstufe wird das stark toxische  $\text{CO}$  mit Luftsauerstoff zu  $\text{CO}_2$  oxidiert und das im Gasgemenge vorhandene  $\text{CO}_2$  herausgefiltert, so dass reines Wasserstoffgas in die Brennstoffzellen gelangt. Über den Druck auf das elektronische Gaspedal und die Steuerungselektronik eines Brennstoffzellenfahrzeuges wird bestimmt, wieviel Wasserstoff der Reformer aus dem an Bord befindlichen Methanol reformiert.

Die DE 1 98 402 16 bezieht sich auf eine Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle. Diese ist mit einer Reformierungseinheit ausgestattet, die ein Reaktionssystem ver-

-2-

wendet, das aus einer Teiloxidationsreaktion und einer Dampfreformierungsreaktion als eine Reformierungsreaktion besteht. Die Einrichtung hat eine Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen eines Rohbrennstoffes, für den eine Mischungslösung aus flüssigem Kohlenwasserstoff, wie etwa Benzin oder Alkohol, und Wasser verwendet wird, und zum Zuführen des verdampften Brennstoffes zu der Reformierungseinheit.

Bei der Reformierung in Brennstoffzellenfahrzeugen ist die Dosiermenge und die Dosiergenauigkeit von entscheidender Bedeutung. Das System ist für ein bestimmtes Kraftstoff-Luft-Gemisch ausgelegt. Die Dosiermenge in den Verdampfer bzw. Reformer bestimmt die Menge an Wasserstoff ( $H_2$ ) und somit die Leistung, die die Brennstoffzelle erzeugen kann. Es kann nur die Dosiermenge des Kraftstoffs (oder Kraftstoffgemischs) überwacht werden, nicht jedoch die einzelnen Reformierungsschritte. Eine Überdosierung an Kraftstoff führt einerseits zu einer zu hohen  $H_2$ -Entwicklung und andererseits zu hohen Emissionen, da gleichzeitig nicht genügend Wasser und/oder Luft für den Reformierungsprozess zugeführt wird. Eine Minderdosierung führt zu einem Spannungseinbruch an der Brennstoffzelle.

Bei der Dosierung treten stochastisch Druckschwankungen bedingt durch den Verdampfer bzw. Reformer auf. Ferner wächst der Gegendruck mit zunehmender Dosiermenge pro Zeiteinheit. Bisher werden zur Dosierung nur hochgenaue Laborpumpen eingesetzt, die nicht seriell herstellbar sind und hohe Kosten verursachen. Eine solche Dosierpumpe verdichtet und fördert im Normalfall eine feste Volumenmenge in Abhängigkeit von der Drehzahl. Über den Druck auf das elektronische Gaspedal wird die Drehzahl der Dosierpumpe bestimmt. Die Genauigkeit der Dosiermenge wird dabei jedoch nicht überwacht. Ein möglicher Verschleiss, ein Ausfall der Pumpe oder eine Mindermengendosierung, z.B. durch einen Lufteinschluss, können zu Schwankungen der Dosiermenge führen. Daraus können Beeinträchtigungen des Systems und im Extremfall ein Stillstand des Fahrzeugs resultieren.

### Darstellung der Erfindung

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass eine genaue Dosierung eines Rohbrennstoffs für Brennstoffzellen mit Reformierungseinrichtungen erreicht wird. Die Dosierung erfolgt mit einer Genauigkeit von weniger als 2% Abweichung von dem Sollwert der Dosiermenge.

Fehldosierungen, also Abweichungen der dosierten Rohbrennstoffmenge von ihrem Sollwert, können detektiert und gegebenenfalls korrigiert werden. Für die erfindungsgemäße Lösung können in vorteilhafter Weise Komponenten (insbesondere Pumpen) gemäß dem

Stand der Technik verwendet werden, an denen teilweise geringfügige Modifikationen durchgeführt wurden. Dadurch wird eine kostengünstige und serientaugliche Lösung präsentiert. Diese Vorteile werden erfindungsgemäß durch eine Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle erreicht. Die Reformierungseinrichtung enthält dabei eine Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen eines Rohbrennstoffs und zur Zuführung des verdampften Rohbrennstoffs zu einer Reformierungseinheit. Ferner enthält sie mindestens eine Pumpe zur Dosierung des in die Verdampfungsvorrichtung geleiteten Rohbrennstoffs und ein Steuergerät. Erfindungsgemäß ist dabei mindestens eine Pumpe eine Dosierpumpe, deren Drehzahl geregelt wird. Des weiteren dient mindestens eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Dosiermenge des Rohbrennstoffs durch die geregelte Dosierpumpe.

Die Reformierung des Rohbrennstoffs findet in der Reformierungseinheit statt. Bei dem Rohbrennstoff kann es sich beispielsweise um Methanol, Ethanol oder Ottokraftstoff handeln. Als Steuergerät kann bei der vorliegenden Erfindung ein im Stande der Technik bekanntes, beispielsweise in der Kraftfahrzeugtechnik verwendetes Steuergerät eingesetzt werden.

Die Überwachungseinrichtung ermöglicht eine genaue Dosierung des Rohbrennstoffs. Sie überwacht die durch die Dosierpumpe geförderte Dosiermenge bzw. damit zusammenhängende Größen und ermöglicht dadurch eine Regelung und Kontrolle der Dosierpumpe.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dient als Dosierpumpe mindestens eine Elektrokraftstoffpumpe. Die Elektrokraftstoffpumpe wird im Stande der Technik bereits für Brennkraftmaschinen eingesetzt. Dabei muss sie der Brennkraftmaschine ausreichend Kraftstoff mit dem zum Einspritzen nötigen Druck zuführen. Außerdem dienen Elektrokraftstoffpumpen zunehmend als Vorförderpumpen für moderne Direkteinspritzsysteme, sowohl für Benzin- als auch für Dieselmotoren. Eine solche Elektrokraftstoffpumpe ist beispielsweise aus der DE 199 43 959 A1 bekannt. Elektrokraftstoffpumpen sind im allgemeinen ein- oder zweistufig als Verdränger- oder als Strömungspumpen konstruiert, wobei das Pumpenwerk in der Regel über einen Gleichstrommotor angetrieben wird. Der Elektromotor und das Pumpenwerk sind in einem Gehäuse mit Auslass und Einlass zusammengefasst. Das Pumpenwerk saugt den Kraftstoff durch den Einlass an und pumpt ihn dann mittels dem Gleichstrommotor zum Auslass. Die Kühlung des Motors erfolgt dabei durch den Kraftstoff. Üblicherweise werden Gleichstrommotoren verwendet, die mit Dauermagneten fremderregt sind und mit einer Spannung von 12V oder 24V versorgt werden. Als Pumpenwerke finden beispielsweise Zahnring- Seitenkanal-, Peripheral- kanal- Flügelzellen- bzw. Rollenzellen- und Schraubenpumpenwerke Anwendung. Zum

Einsatz einer Elektrokraftstoffpumpe, die im Stande der Technik zur Förderung von Kraftstoff in einer Brennkraftmaschine dient, für die erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung müssen bei dieser z.B. die Kohlenbürstenlitze zusätzlich geschützt und Laufrollen aus Edelstahl vorgesehen werden. Nach diesen und gegebenenfalls weiteren Modifikationen ist  
5 eine solche Elektrokraftstoffpumpe aus dem Stande der Technik zur Förderung und Dosierung auch von korrosiven Medien wie z.B. Methanol für Brennstoffzellen geeignet.

Vorzugsweise wird die Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe mit Hilfe eines Taktmoduls mittels Pulsweitenmodulation geregelt. Durch eine Hochfrequenztaktung erfolgt dabei die  
10 Drehzahl- und folglich die Rohbrennstoff-Volumenstromregelung. Das Taktmodul kann bei der vorliegenden Erfindung in das Steuergerät integriert sein oder separat in das Kraftfahrzeug eingebaut werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dient als Dosierpumpe eine durch einen Elektromotor angetriebene Hochdruckpumpe. Die Hochdruckpumpe kann dabei einer üblicherweise in der Brennkraftmaschinentechnik eingesetzten, gegebenenfalls modifizierten Hubkolbenpumpe entsprechen, beispielsweise einer 3-Zylinder-Hubkolbenpumpe. Zur Kraftstoffversorgung von Dieselmotoren sind im Stande der Technik Reiheneinspritzpumpen und Verteilereinspritzpumpen bekannt, die ebenfalls  
20 als Hochdruckpumpen bei der vorliegenden Erfindung dienen können. Als Hochdruckpumpen sind insbesondere Hubkolbenpumpen einsetzbar, die als Hubkolbenpumpen oder Scheibenkolbenpumpen ausgeführt sind. Hochdruckpumpen fördern pro Umdrehung ein festes Volumen eines Fluids, unabhängig vom Gegendruck.

25 Die Dosiermenge (der Volumenstrom) des Rohbrennstoffs kann bei der vorliegenden Erfindung z.B. in einem Brennstoffzellenfahrzeug über ein Fahrpedal vorgegeben werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind zwei Pumpen zur Dosierung des in die Verdampfungseinrichtung geleiteten Rohbrennstoffs in Reihe geschaltet, wobei die zweite Pumpe geregelt wird und die erste Pumpe permanent läuft.  
30 Durch das Hintereinanderschalten der beiden aus dem Stande der Technik bekannten Pumpen wird der notwendige Druck zur Dosierung des Rohbrennstoffs (in einem Druckbereich bis zu 20 bar) erreicht.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind diese zwei Pumpen (gegebenenfalls modifizierte) Elektrokraftstoffpumpen aus dem Stand der Technik. Die Fördermenge wird dabei durch die Regelung der Drehzahl der zweiten Elektrokraftstoffpumpe mittels eines Taktmoduls geregelt. Die erste Elektrokraftstoffpumpe läuft per-

manent. Im Stande der Technik haben sich Elektrokraftstoffpumpen im permanenten Einsatz (wie die erste Pumpe) z.B. im Otto- oder Diesel-Betrieb bereits bewährt. Der Einsatz von Pumpen aus dem Stande der Technik hat den Vorteil, dass diese Elektrokraftstoffpumpen nach einigen Modifikationen kostengünstig hergestellt werden können und serientauglich sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind diese zwei Pumpen eine Vorförderpumpe und eine Hochdruckpumpe. Als Vorförderpumpe können Pumpen verschiedenster Bauarten aus dem Stande der Technik zum Einsatz kommen. Die Hochdruckpumpe wird durch die Vorförderpumpe mit Rohbrennstoff versorgt. Diese Maßnahme ist nur bei nicht selbstansaugenden Hochdruckpumpen notwendig. Bei selbstansaugenden Hochdruckpumpen wird keine Vorförderpumpe benötigt.

Als Vorförderpumpe dient vorzugsweise eine Elektrokraftstoffpumpe. Im Stande der Technik haben sich Elektrokraftstoffpumpen im permanenten Einsatz bewährt.

Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dämpft ein Druckdämpfer die durch die mindestens eine Pumpe entstehenden oder vom System (z.B. Verdampfer) rückwirkenden Druckpulsationen. Durch den Druckdämpfer werden die Druckpulsationen gedämpft oder sogar geglättet. Dies hat positive Auswirkungen auf den Reformierungsprozess.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Regelung der Dosiermenge einer Elektrokraftstoffpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung, wobei eine mit einer Überwachungseinrichtung ermittelte Größe als Regelgröße der Regelung dient. Die Regelung enthält dabei als Stellgröße die Drehzahl der geregelten Elektrokraftstoffpumpe, die mittels des Taktmoduls eingestellt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens dient der mit einem Drucksensor gemessene Gegendruck als Regelgröße der Regelung. Der Gegendruck ist in diesem Zusammenhang derjenige Druck, der sich am Ausgang der geregelten Elektrokraftstoffpumpe und somit am Eingang der Verdampfungsvorrichtung einstellt. Er wächst mit zunehmender Dosiermenge pro Zeiteinheit an. Bei einer Hochdruckpumpe ist eine Regelung über den Gegendruck nicht möglich, da sie unabhängig vom Gegendruck pro Umdrehung ein festes Volumen an Rohbrennstoff fördert.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens dient das Pulsbreitenverhältnis des Ansteuersignals des Taktmoduls als Stellgröße,

wobei eine im Steuergerät abgelegte Kennlinie der Drehzahl in Abhängigkeit von dem Lastzustand mit der durch den Drehzahlsensor gemessenen Drehzahl verglichen wird und bei einer Abweichung die Drehzahl über das Pulsbreitenverhältnis des Ansteuersignals des Taktmoduls als Regelgröße geändert wird.

5

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Regelung der Dosiermenge einer Dosierpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung, wobei die Dosiermenge als Regelgröße dient. Dazu wird eine Förderkennlinie der Elektrostoffpumpe im Steuergerät abgelegt, die einen Sollwert für die Dosiermenge in Abhängigkeit von der Drehzahl des Elektromotors angibt. Bei einer durch einen Durchfluß der Sensor detektierten Abweichung der Dosiermenge von dem Sollwert wird die Drehzahl als Stellgröße geändert.

10

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Überwachung einer Dosierpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung in einem Kraftfahrzeug, wobei bei einer Abweichung einer von der Überwachungseinrichtung ermittelten Größe von einem Sollwert, ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben wird. Dabei geht es insbesondere darum, den Fahrer des Kraftfahrzeugs vor eine Fehlfunktion der Dosierpumpe zu warnen, da diese einen eingeschränkten Fahrbetrieb oder sogar einen Fahrzeugbrand verursachen kann. Bei dem Fahrerinformationssystem kann es sich dabei um die gemäß dem Stande der Technik in einem Kraftfahrzeug vorhandenen Anzeigemedien handeln z.B. Warnleuchten, digitale Anzeigen und Lautsprecher. Das Warnsignal kann sowohl optisch als auch akustisch an den Fahrer übermittelt werden.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens wird das Warnsignal durch das Fahrerinformationssystem abgegeben, wenn eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Stromaufnahme der Dosierpumpe detektiert, dass eine definierte maximale oder minimale Stromgrenze länger als eine definierte Zeit überschritten bzw. unterschritten wurde. Ein Über- oder Unterschreiten dieser Stromgrenzen kann beispielsweise bedeuten, dass der Elektromotor oder die Pumpe verschlissen oder blockiert sind bzw. dass die Kupplungsverbindung des Elektromotors lose ist. Daraus resultiert eine Fehldosierung des Rohbrennstoffs. In einem solchen Fall wird z.B. ein Warnsignal auf dem Kraftfahrzeugarmaturen aktiviert, beispielsweise eine Warnleuchte und/oder ein Hinweis für den Fahrer, dass nur ein eingeschränkter Fahrbetrieb (Notlauf) möglich ist. Bei einer Blockierung des Elektromotors oder der Pumpe kann eine zweite Warnleuchte aktiviert werden, die dem Fahrer anzeigt, dass ein Weiterfahren nicht möglich ist. Diese optischen Warnsignale können durch akustische Warnsignale unterstützt werden. Als akustische Warnsignale sind sowohl einzelne Töne oder Tonfolgen als auch Textans-

25

30

35

gen geeignet. Eine Textansage lautet z.B. "eine schwerwiegende Fehlfunktion ist aufgetreten. Bitte stellen Sie so schnell wie möglich ihr Fahrzeug ab".

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens wird ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben, wenn die durch einen Drehzahlsensor gemessene Drehzahl der Dosierpumpe von dem durch eine Kennlinie festgelegten Sollwert abweicht. Die Kennlinie beschreibt beispielsweise den Zusammenhang zwischen dem Pulsbreitenverhältnis des Ansteuersignals des Taktmoduls und der Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe, die durch das Taktmodul geregelt wird, im Normalbetrieb und in Abhängigkeit von dem Lastzustand. Bei einer Schwergängigkeit des Elektromotors und/oder der Pumpe weicht die gemessene Drehzahl von ihrem Sollwert gemäß der Kennlinie ab. Werden im Steuergerät abgelegte Schwellwerte unter- oder überschritten, so wird ein Warnsignal aktiviert. Bei dem Warnsignal handelt es sich um eine Anzeige, eine Warnleuchte und gegebenenfalls einen akustischen Warnton. Somit wird der Fahrer des Kraftfahrzeugs auf die Fehlfunktion des Elektromotors oder der Pumpe aufmerksam gemacht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens wird ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben, wenn die mit dem Durchflußsensor gemessene Dosiermenge von ihrem Sollwert abweicht. Eine Abweichung kann aus einer Fehlfunktion des Elektromotors und/oder der Dosierpumpe resultieren. Auch in diesem Fall kann das Warnsignal ein akustisches und/oder optisches Signal umfassen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens werden gegebenenfalls zusätzlich zu dem Warnsignal bei dem Kraftfahrzeug Warnblinklichter aktiviert. Die Warnblinklichter sollen nachfolgende Kraftfahrzeuge vorzeitig informieren, dass das Kraftfahrzeug eventuell zum Stillstand kommen wird. Dadurch können Kollisionen vermieden werden.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin die Verwendung der erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung zur Dosierung eines Rohbrennstoffs einer Brennstoffzelle in einem Brennstoffzellenfahrzeug.

#### Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.



Es zeigt:

Figur 1 einen Teil einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit zwei Pumpen,

Figur 2 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit einem Drucksensor,

Figur 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit einer Einrichtung zur Überwachung der Stromaufnahme des Elektromotors und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich des Stroms,

Figur 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit einem Durchflußsensor und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich der Dosiermenge,

Figur 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit einem Drehzahlsensor und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich der Drehzahl,

Figur 6 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit einem Drehzahl- und einem Durchflußsensor,

Figur 7 eine Ausführungsform der Drehzahlregelung einer Elektrokraftstoffpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung und

Figur 8 ein Schaltbild für ein Taktmodul zur Regelung einer Elektrokraftstoffpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung.

### 30 Ausführungsvarianten

Figur 1 zeigt einen Teil einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung mit zwei Pumpen.

35 Die Reformierungseinrichtung umfasst einen Tank 1, der einen Rohbrennstoff enthält. Ferner umfasst sie zwei Pumpen 2, 3, die den Rohbrennstoff über die Leitungen 4 und 5 in eine Verdampfungsvorrichtung 6 fördern. Dabei handelt es sich im dargestellten Fall um

eine Vorförderpumpe 2 und eine durch einen Elektromotor 7 angetriebene Hochdruckpumpe 3. Denkbar wären aber auch zwei in Reihe geschaltete Elektrokraftstoffpumpen.

Die in die Verdampfungsvorrichtung 6 dosierte Menge an Rohbrennstoff wird bei der dargestellten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über die Drehzahl des Elektromotors 7 der Hochdruckpumpe 3 geregelt. Ein Steuergerät 8 steuert über eine Verbindung 9 den Elektromotor 7 zur Regelung der Drehzahl der zweiten Pumpe 3 an. Die Vorförderpumpe 2 ist beispielsweise eine Elektrokraftstoffpumpe, die im permanenten Einsatz ist. Ihre Drehzahl wird nicht geregelt. Zwischen der ersten Elektrokraftstoffpumpe 2 und der zweiten Hochdruckpumpe 3 existiert eine Rückleitung 10, die über einen Druckregler 11 mit dem Tank 1 verbunden ist. Bei dem Druckregler 11 handelt es sich z.B. um ein Rückschlagventil, dass den Druck am Ausgang der ersten Elektrokraftstoffpumpe 2 auf einen Maximalwert begrenzt. Die in die Verdampfungsvorrichtung 6 dosierte Rohbrennstoffmenge wird mit Hilfe mindestens einer (nicht dargestellten) Überwachungseinrichtung überwacht und geregelt.

In Figur 2 ist eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung mit einem Drucksensor dargestellt.

Zwei in Reihe geschaltete Elektrokraftstoffpumpen 2 und 3 dienen der Dosierung des Rohbrennstoffs in die Verdampfungsvorrichtung 6. In dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Überwachungseinrichtung ein Drucksensor 12, der den Gegendruck in der Verdampfungsvorrichtung 6 misst. Der Drucksensor 12 misst den Gegendruck am Ausgang der zweiten Elektrokraftstoffpumpe 3. Der Gegendruck wächst mit zunehmender Dosiermenge pro Zeiteinheit an. Daher kann aus dem mit dem Drucksensor 12 gemessenen Gegendruck die Dosiermenge pro Zeiteinheit (der Volumenstrom) bestimmt werden (Ist-Wert) und mit dem angestrebten Sollwert der Dosiermenge pro Zeiteinheit (des Volumenstroms) verglichen werden. Das Steuergerät 8 nutzt folglich das Signal des Drucksensors 12 zur Regelung der Elektrokraftstoffpumpenfördermenge des Rohbrennstoffs in die Verdampfungsvorrichtung 6. Als Drucksensor 12 kann ein aus dem Stande der Technik bekannter Drucksensor eingesetzt werden. Optional verhindert ein Rückschlagventil 34 zwischen der zweiten Elektrokraftstoffpumpe 3 und der Verdampfungsvorrichtung 6 einen Rückfluss in die Pumpen bzw. eine Druckbeaufschlagung der Pumpen. Möglich ist ferner eine Feinregulierung der Dosiermenge mittels eines in einem Bypass 36 befindlichen Proportionalventil 35. Dadurch kann bei einer zu hohen Fördermenge der Elektrokraftstoffpumpen 2 und 3 ein Teil des geförderten Rohbrennstoffs über den Bypass 36 zurückgeleitet werden. Das Proportionalventil 35 kann nur einen Teil (z.B.

10%) der maximalen Fördermenge steuern. Durch die Bypassregelung ist eine Ausregelung der Dosiermenge mit Abweichungen vom Sollwert  $<2\%$  möglich.

Wie bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Rohbrennstoff 13 in Figur 2 über eine erste Elektrokraftstoffpumpe 2 und eine zweite, geregelte Dosierpumpe 3 (in diesem Fall eine Elektrokraftstoffpumpe) in die Verdampfungsvorrichtung 6 dosiert. Die Messwerte des Drucksensors 12 werden im Steuergerät 8 ausgewertet. Auf der Grundlage dieser Meßwerte regelt das Steuergerät die Drehzahl der zweiten Elektrokraftstoffpumpe 3 (und damit indirekt den Brennstoffvolumenstrom) mittels eines Taktmoduls 14.

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung mit einer Stromaufnahmeüberwachungseinrichtung und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich des Stroms.

Die in Figur 3 dargestellte Reformierungseinrichtung ist entsprechend Figur 1 aufgebaut. Zusätzlich misst eine Stromaufnahmeüberwachungseinrichtung 15 die Stromaufnahme des Elektromotors 7 der zweiten Hochdruckpumpe 3. Die gemessene Stromaufnahme wird im Steuergerät 8 mit Kennlinien verglichen. Ein solcher Soll-Ist-Vergleich ist in der unteren Grafik von Figur 3 dargestellt.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überwacht eine Überwachungseinrichtung 15 die Stromaufnahme der geregelten Dosierpumpe 3. Dabei erfolgt die Überwachung der Stromaufnahme des Elektromotors der Hochdruckpumpe (oder der als Dosierpumpe eingesetzten Elektrokraftstoffpumpe) über das Steuergerät 8. Der Strom lässt z.B. Rückschlüsse auf die Schwergängigkeit (Verschleiss) oder auf ein Abscheren der Kupplung des Elektromotors zu. Werden für bestimmte Lastzustände definierte Stromschwellgrenzen 16 länger als eine Zeit  $\Delta t$  über- oder unterschritten, so ist dieses auf eine Fehlfunktion des Elektromotors und/oder der Elektrokraftstoffpumpe zurückzuführen. Als Lastzustand ist dabei der Dosierbereich (die Fördermenge) und bei normaler Funktion von Pumpe 3 und Motor die daraus resultierende Stromaufnahme festgelegt.

In der unteren Grafik von Figur 3 ist eine Überwachung des Strom-Istwertes für einen bestimmten Lastzustand (z.B. Leerlauf) dargestellt. Der Sollwert des Stroms  $I$  liegt zwischen den beiden Schwellwerten 16. Zur Regelung der Pumpe 3 wird der Strom-Istwert  $I_{ist}$  mit dem Strom-Sollwert  $I_{soll}$  verglichen. Bei einer Abweichung des Istwertes vom Sollwert wird der Strom nachgeregelt. In diesem schematischen Beispiel liegt der Strom-Istwert  $I_{ist}$  zwischen den beiden Stromschwellwerten 16 und es wird folglich keine Fehlfunktion festgestellt. Wird hingegen der obere Schwellwert länger als ein Zeit  $\Delta t$  über- oder der untere

Schwellwert länger als  $\Delta t$  unterschritten, so ist auf eine Fehlfunktion des Elektromotors 7 oder einer der Elektrokraftstoffpumpen 2, 3 zu schließen.

Aus einer solchen Fehlfunktion resultieren fehlerhafte Dosiermengen Rohbrennstoff, die in die Verdampfungsvorrichtung geleitet werden. Sinkt die Stromaufnahme des Elektromotors stark ab, so dreht der Motor leer, es ist also beispielsweise die Kupplungsverbindung lose oder die Pumpe verschlissen. Steigt der Strom über ein Maximum an, so bedeutet dies eine Blockierung des Elektromotors oder der Pumpe.

- Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung mit einem Durchflusssensor und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich der Dosiermenge.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Überwachungseinrichtung ein Durchflusssensor 17, der die Dosiermenge an Rohbrennstoff in die Verdampfungsvorrichtung 6 hinein detektiert. Dabei wird beispielsweise eine Förderkennlinie in Abhängigkeit von der Drehzahl der geregelten Dosierpumpe 3 im Steuergerät abgelegt und die mit dem Durchflusssensor gemessene Dosiermenge mit den Sollvorgaben verglichen. Eine Abweichung der Ist-Dosiermenge bei einer bestimmten Drehzahl der Pumpe von der Förderkennlinie kann beispielsweise die Folge einer Konzentrationsänderung, eines Lufteinschlusses, einer Leckage oder von Verschleiss sein. Um eine Fehldosierung des Rohbrennstoffs in die Verdampfungseinrichtung zu vermeiden, kann die Drehzahl der Pumpe im Falle einer solchen Abweichung entsprechend erhöht oder abgesenkt werden. Wird die Dosiermenge durch diese Nachregelung nicht erhöht bzw. verringert, so ist auf eine Fehlfunktion des Elektromotors und/oder der geregelten Dosierpumpe zu schließen.

Die obere Grafik in Figur 4 stellt schematisch den gleichen Aufbau dar wie die Figur 1. Zusätzlich umfasst die abgebildete erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung den Durchflusssensor 17, der die Dosiermenge an Rohbrennstoff durch die Leitung 5 in die Verdampfungsvorrichtung 6 hinein misst. Die gemessene Dosiermenge wird, wie im unteren Teil der Figur 4 gezeigt, mit Sollvorgaben verglichen. Diese Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen der Drehzahl  $n$  und der Dosiermenge (Volumen pro Zeiteinheit:  $V/t$ ) bei einer Hochdruckpumpe. Bei einer Abweichung der Istwerte 18 der Dosiermenge von der Sollkennlinie 19 regelt das Steuergerät 8 die Drehzahl des Elektromotors 7 nach, um die Solidosiermenge zu erreichen.

Figur 5 zeigt eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung mit einem Drehzahlsensor und eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich der Drehzahl.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Überwachungseinrichtung ein Drehzahlsensor 20, der die Drehzahl der Dosierpumpe misst. Bei Elektrokraftstoffpumpen kann die Drehzahl beispielsweise durch einen integrierten Hall-Sensor oder indirekt über die Stromaufnahme in Verbindung mit der Spannung ermittelt werden. Durch einen Soll-Ist-Vergleich mit einer im Steuergerät 8 abgelegten Kennlinie (Drehzahl in Abhängigkeit von dem Lastzustand) werden Abweichungen der Ist-Drehzahl von ihrem Sollwert erfasst.

Entsteht eine solche Abweichung, so lässt diese Rückschlüsse auf eine Schwergängigkeit des Elektromotors und/oder der Dosierpumpe zu. Es ist eine Erhöhung oder Absenkung der Drehzahl möglich, falls Schwellwerte der Drehzahl unter- bzw. überschritten werden. Die Schwellwerte liegen dabei üblicherweise im Steuergerät vor.

Figur 5a stellt schematisch eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung dar. Dabei umfasst diese einen Drehzahlsensor 20, der die Drehzahl des Elektromotors 7 einer Hochdruckpumpe misst. Der Ausschnitt A ist in Figur 5b vergrößert abgebildet. Der Elektromotor 7 ist über eine Kupplung 21 mit der zweiten Elektrokraftstoffpumpe 3 verbunden. In dieser Ausführungsform ist der Drehzahlsensor 20 an der Motorwelle 22 angebracht, um die Drehzahl des Elektromotors 7 aufzunehmen. Er kann aber auch an einer anderen Stelle der Elektromotor-Pumpen-Verbindung angebracht werden.

Figur 5c zeigt eine Grafik zum Soll-Ist-Vergleich der Drehzahl  $n$ . Die gemessene Drehzahl  $n$  wird mit Sollvorgaben verglichen. Diese Grafik zeigt die Abhängigkeit der Drehzahl  $n$  von dem Lastzustand  $L$ . Dabei ist eine Soll-Kennlinie 19 für alle Lastzustände  $L$  vorgegeben, vom Leerlauf  $L_1$  bis zur Vollast  $L_2$ . Bei einer Abweichung der Drehzahl-Istwerte 18 der von der Soll-Kennlinie 19 regelt das Steuergerät 8 die Drehzahl des Elektromotors 7 nach, um die Soll-Dosiermenge zu erreichen.

Figur 6 zeigt eine erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung mit einem Drehzahl- und einem Durchflusssensor.

Der Drehzahlsensor 20 mißt die Drehzahl des Elektromotors 7 der Hochdruckpumpe und der Durchflusssensor 17 die Dosiermenge in die Verdampfungsvorrichtung 6. Die erfindungsgemäße Reformierungseinrichtung kann folglich eine oder mehrere Überwachungseinrichtungen umfassen. Eine Kombination mehrerer Überwachungseinrichtungen erhöht die Funktionssicherheit des Elektromotors und der geregelten Elektrokraftstoffpumpe und

ermöglicht ausserdem eine hochgenaue Regelung des Rohbrennstoffvolumenstroms in die Verdampfungsvorrichtung.

Figur 7 zeigt eine Ausführungsform der Drehzahlregelung einer Elektrokraftstoffpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung.

Dabei handelt es sich um eine Kaskadenregelung für die Drehzahl. Die Drehzahlregelung enthält zwei Regelkreise, einen "äußeren" Regelkreis zur Drehzahlregelung und einen "inneren" Regelkreis zur Stromregelung. Eingangsgrößen des "äußeren" Regelkreises sind eine Soll-Drehzahl  $n_{\text{soll}}$  und eine Ist-Drehzahl  $n_{\text{ist}}$ . Die Ist-Drehzahl wird dabei durch einen Drehzahlsensor detektiert. Durch den Vergleich 23 von Soll- und Ist-Drehzahl kann sich eine Drehzahldifferenz  $\Delta n$  ergeben, beispielsweise bei der Vorgabe einer geänderten Soll-Drehzahl. Diese Drehzahldifferenz  $\Delta n$  wird an einen ersten PID-Regler 24 weitergegeben, der sie in einen Strom-Sollwert  $I_{\text{soll}}$  übersetzt. In dem "inneren" Regelkreis erfolgt ein Vergleich 25 des Strom-Sollwertes  $I_{\text{soll}}$  mit dem Strom-Istwert  $I_{\text{ist}}$  des Pumpenmotors 26. Bei dem Pumpenmotor 26 handelt es sich um einen Elektromotor, der die Dosierpumpe zum Dosieren des Rohbrennstoffs antreibt. Eine sich dabei ergebende Stromdifferenz  $\Delta I$  zwischen Strom-Sollwert und Strom-Istwert wird mittels eines zweiten PID-Reglers 27 ausgeglichen, der den Strom zum Antrieb des Pumpenmotors 26 regelt. Der "innere" Regelkreis dient u.a. auch zur Ausregelung kurzzeitig auftretender Störungen, z.B. von Spannungseinbrüchen oder Schwankungen der Kommutator-Leistungswiderstände. Der "äußere" Regelkreis dient zur genauen Ausregelung der Solldrehzahl (Kaskadenregelung).

Figur 8 zeigt ein Schaltbild für ein Taktmodul zur Regelung einer Elektrokraftstoffpumpe in einer erfindungsgemäßen Reformierungseinrichtung.

Ein pulsweitenmoduliertes Signal 28 dient zur Ansteuerung und Regelung der Elektrokraftstoffpumpe 29. Das Tastverhältnis  $t/T$  des Signals 28 ergibt sich aus dem Verhältnis der Einschaltdauer  $t$  zu der Periodendauer  $T$ . Mit dem Signal 28 wird der Transistor 30 getaktet, über den die Stromstärke durch die Ankerspule der Elektrokraftstoffpumpe 29 geregelt wird. Über einen Messwiderstand 31 wird der Istwert des Stroms bestimmt. Die Regelung des Stroms erfolgt wie für den "inneren" Regelkreis in Figur 7 beschrieben. Eine Freilaufdiode 32 dient dem Schutz der Elektrokraftstoffpumpe 29. Die Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe kann gegebenenfalls über einen Hall-Sensor 33 erfasst werden. Es handelt sich dabei um einen kostengünstigen kleinen Sensor, der in die Elektrokraftstoffpumpe implementiert wird.

Bezugszeichenliste

	1	Tank
	2	erste Pumpe
5	3	zweite Pumpe
	4	erste Leitung
	5	zweite Leitung
	6	Verdampfungsvorrichtung
	7	Elektromotor
10	8	Steuergerät
	9	Verbindung
	10	Rückleitung
	11	Druckregler
	12	Drucksensor
15	13	Rohbrennstoff
	14	Taktmodul
	15	Stromaufnahmeüberwachungseinrichtung
	16	Schwellwerte
	17	Durchflußsensor
20	18	Ist-Werte
	19	Soll-Kennlinie
	20	Drehzahlsensor
	21	Kupplung
	22	Motorwelle
25	23	Soll-Istwert-Vergleich der Drehzahl
	24	erster PID-Regler
	25	Soll-Istwert-Vergleich des Stroms
	26	Pumpenmotor
	27	zweiter PID-Regler
30	28	pulsweitenmoduliertes Signal
	29	Elektrokraftstoffpumpe
	30	Transistor
	31	Messwiderstand
	32	Freilaufdiode
35	33	Hall-Sensor
	34	Rückschlagventil
	35	Proportionalventil
	36	Bypass

Patentansprüche

1. Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle, enthaltend eine Verdampfungsvorrichtung (6) zum Verdampfen eines Rohbrennstoffs (13) und zur Zuführung des verdampften Rohbrennstoffs (13) zu einer Reformierungseinheit, mindestens eine Pumpe zur Dosierung des in die Verdampfungsvorrichtung (6) geleiteten Rohbrennstoffs (13) und ein Steuergerät (8), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Pumpe eine Dosierpumpe ist, deren Drehzahl mittels des Steuergeräts (8) geregelt wird und dass mindestens eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Dosiermenge des Rohbrennstoffs (13) durch die geregelte Dosierpumpe dient.
2. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Dosierpumpe mindestens eine Elektrokraftstoffpumpe dient.
3. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Dosierpumpe eine durch einen Elektromotor (7) angetriebene Hochdruckpumpe dient.
4. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Pumpen (2, 3) zur Dosierung des in die Verdampfungseinrichtung (6) geleiteten Rohbrennstoffs (13) in Reihe geschaltet sind, wobei die zweite Pumpe (3) geregelt wird und die erste Pumpe (2) permanent läuft.
5. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Pumpen (2, 3) Elektrokraftstoffpumpen sind, wobei die zweite Elektrokraftstoffpumpe (3) mittels eines Taktmoduls (14) geregelt wird.
6. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Pumpe eine als Vorförderpumpe dienende Elektrokraftstoffpumpe (2) und die zweite Pumpe eine Hochdruckpumpe (3) ist.
7. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinrichtung ein Drucksensor (12) ist, der den Gegendruck in der Verdampfungsvorrichtung (6) misst.
8. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinrichtung die Stromaufnahme der mindestens einen Pumpe (3) überwacht.



9. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinrichtung ein Durchflusssensor (17) ist, der die Dosiermenge in die Verdampfungsvorrichtung (6) hinein detektiert.
- 5 10. Reformierungseinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinrichtung einen Drehzahlsensor (20) ist, der die Drehzahl der mindestens einer Pumpe misst.
- 10 11. Verfahren zur Regelung der Dosiermenge einer Elektrokraftstoffpumpe (29) in einer Reformierungseinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Überwachungseinrichtung ermittelte Größe als Regelgröße der Regelung dient und die Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe (29) als Stellgröße der Regelung dient, wobei die Drehzahl mittels eines Taktmoduls (14) eingestellt wird.
- 15 12. Verfahren gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der mit einem Drucksensor (20) gemessene Gegendruck als Regelgröße der Regelung dient.
- 20 13. Verfahren gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulsbreitenverhältnis des Ansteuersignals des Taktmoduls (14) als Stellgröße dient, wobei eine im Steuergerät (8) abgelegte Kennlinie der Drehzahl in Abhängigkeit von dem durch den Drehzahlsensor (20) gemessenen Drehzahl verglichen wird, wobei bei einer Abweichung über das Pulsbreitenverhältnis des Ansteuersignals des Taktmoduls die Drehzahl als Regelgröße geändert wird.
- 25 14. Verfahren zur Regelung der Dosiermenge einer Dosierpumpe in einer Reformierungseinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosiermenge als Regelgröße dient, wobei eine Förderkennlinie der Dosierpumpe (3) im Steuergerät (8) abgelegt wird, die einen Sollwert für die Dosiermenge in Abhängigkeit von der Drehzahl der Dosierpumpe (3) angibt und bei einer durch einen Durchflusssensor (17) detektierten Abweichung der Dosiermenge von dem Sollwert die Drehzahl als Stellgröße geändert wird.
- 30 15. Verfahren zur Überwachung einer Dosierpumpe (3) in einer Reformierungseinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem Kraftfahrzeug, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Abweichung einer von der Überwachungseinrichtung ermittelten Größe von einem Sollwert ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben wird.
- 35

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Warnsignal durch das Fahrerinformationssystem abgegeben wird, wenn eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Stromaufnahme der Dosierpumpe (3) detektiert, dass eine definierte maximale oder minimale Stromgrenze länger als eine definierte Zeit über- bzw. unterschritten wurde.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben wird, wenn die durch den Drehzahlsensor (20) gemessene Drehzahl der Dosierpumpe von dem durch eine Kennlinie festgelegten Sollwert abweicht.

18. Verfahren gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Warnsignal durch ein Fahrerinformationssystem abgegeben wird, wenn die mit einem Durchflusssensor (17) gemessene Dosiermenge von ihrem Sollwert abweicht.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu dem Warnsignal bei dem Kraftfahrzeug Warnblinklichter aktiviert werden.

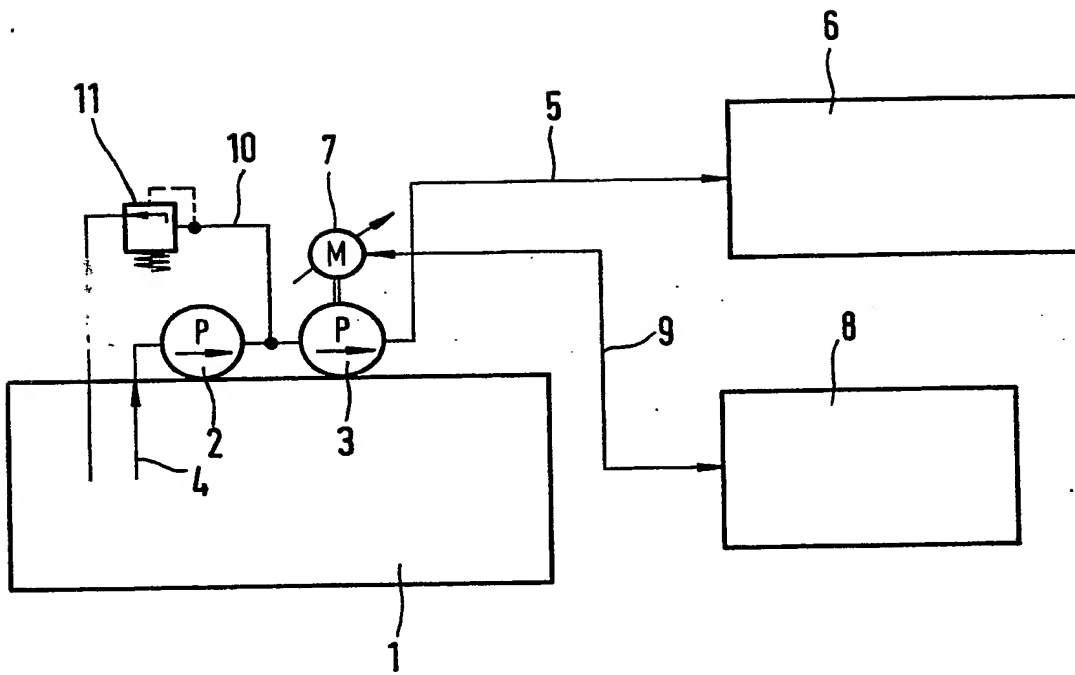
20. Verwendung einer Reformierungseinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Dosierung eines Rohbrennstoffes einer Brennstoffzelle in einem Brennstoffzellenfahrzeug.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Reformierungseinrichtung für eine Brennstoffzelle  
5 enthaltend eine Verdampfungsvorrichtung (6) zum Verdampfen eines Rohbrennstoffs (13)  
und zur Zuführung des verdampften Rohbrennstoffs (13) zu einer Reformierungseinheit,  
mindestens eine Pumpe zur Dosierung des in die Verdampfungsvorrichtung (6) geleiteten  
Rohbrennstoffs (13) und ein Steuergerät (8). Dabei ist mindestens eine Pumpe eine Dosier-  
pumpe, deren Drehzahl mittels des Steuergeräts (8) geregelt wird. Ferner dient mindestens  
10 eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Dosiermenge des Rohbrennstoffs  
(13) durch die geregelte Dosierpumpe.

(Figur 6)

Fig.1



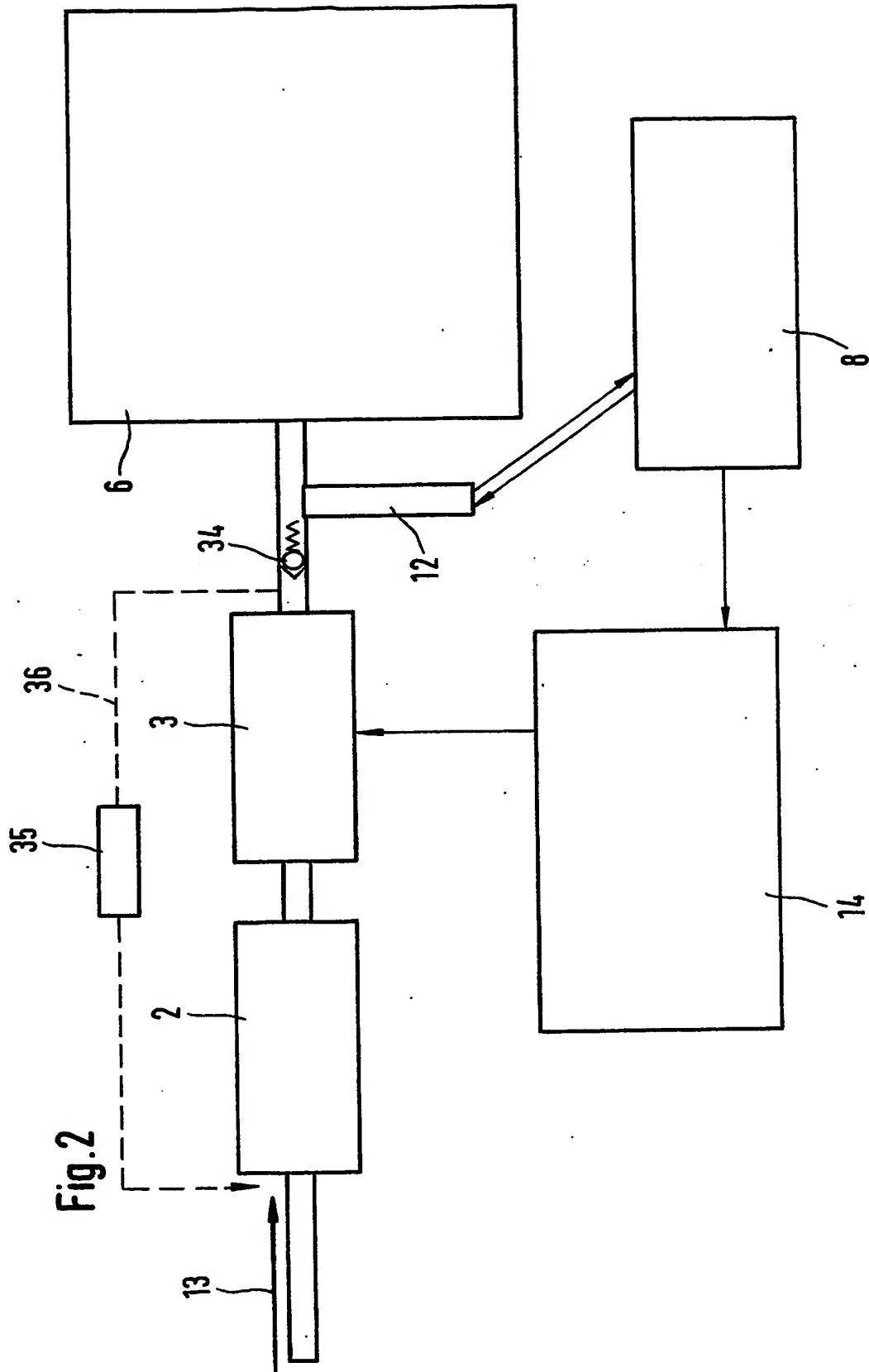


Fig. 2

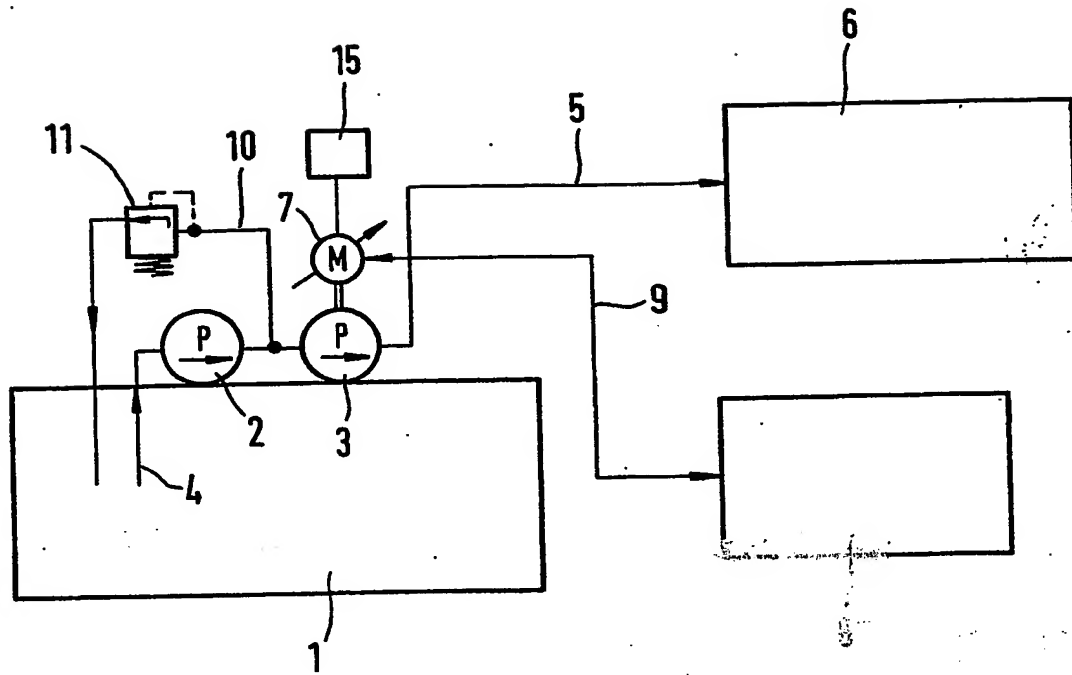
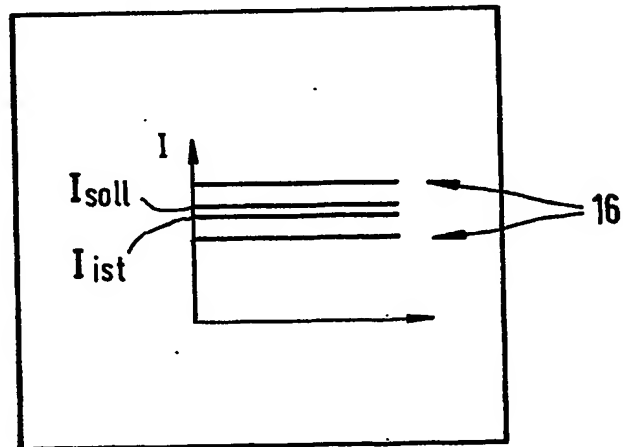


Fig.3



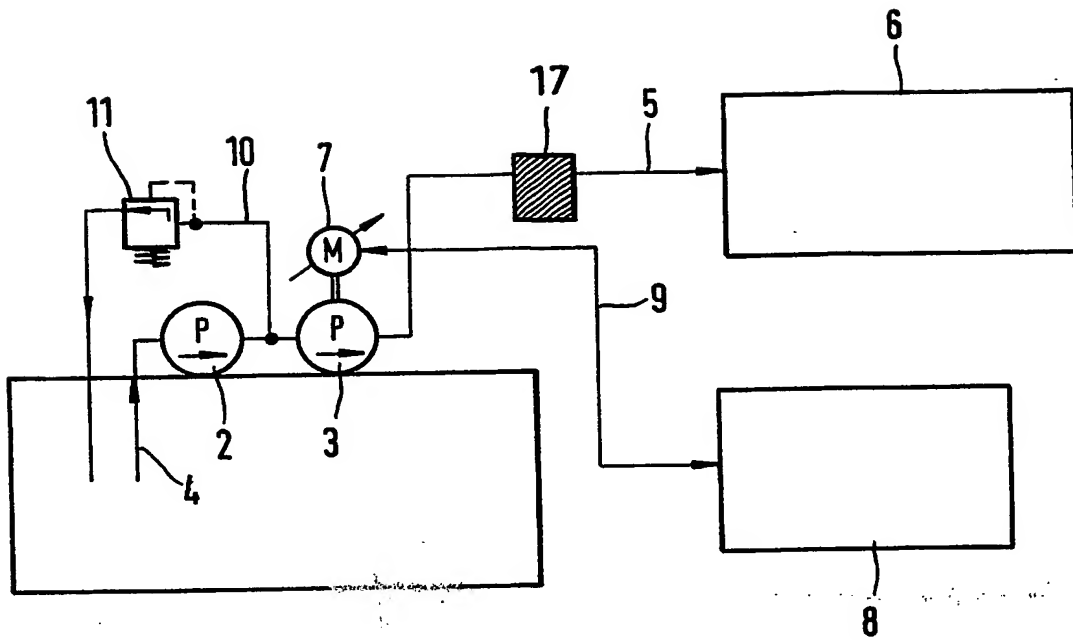
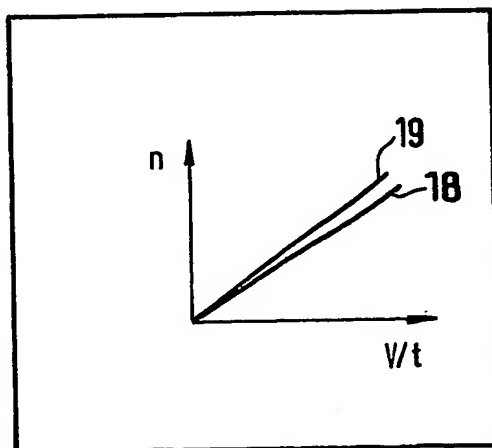


Fig.4



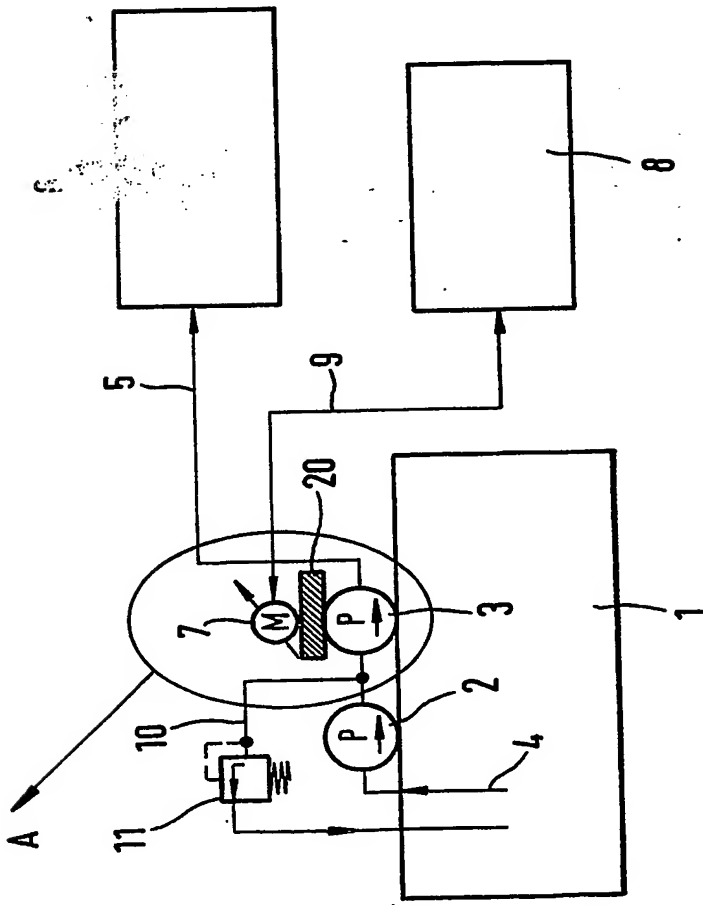


Fig. 5a

Fig. 5c

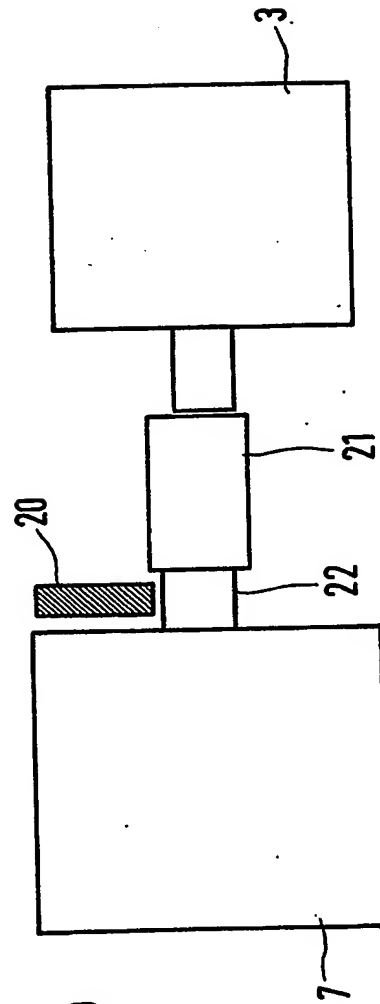
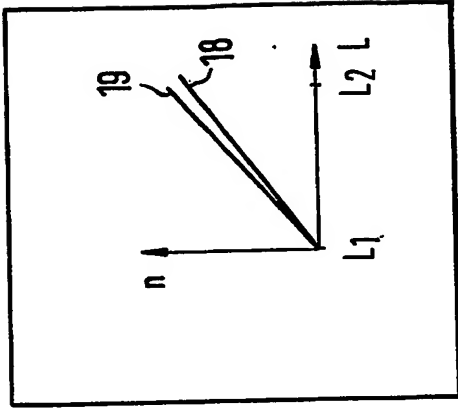


Fig. 5b



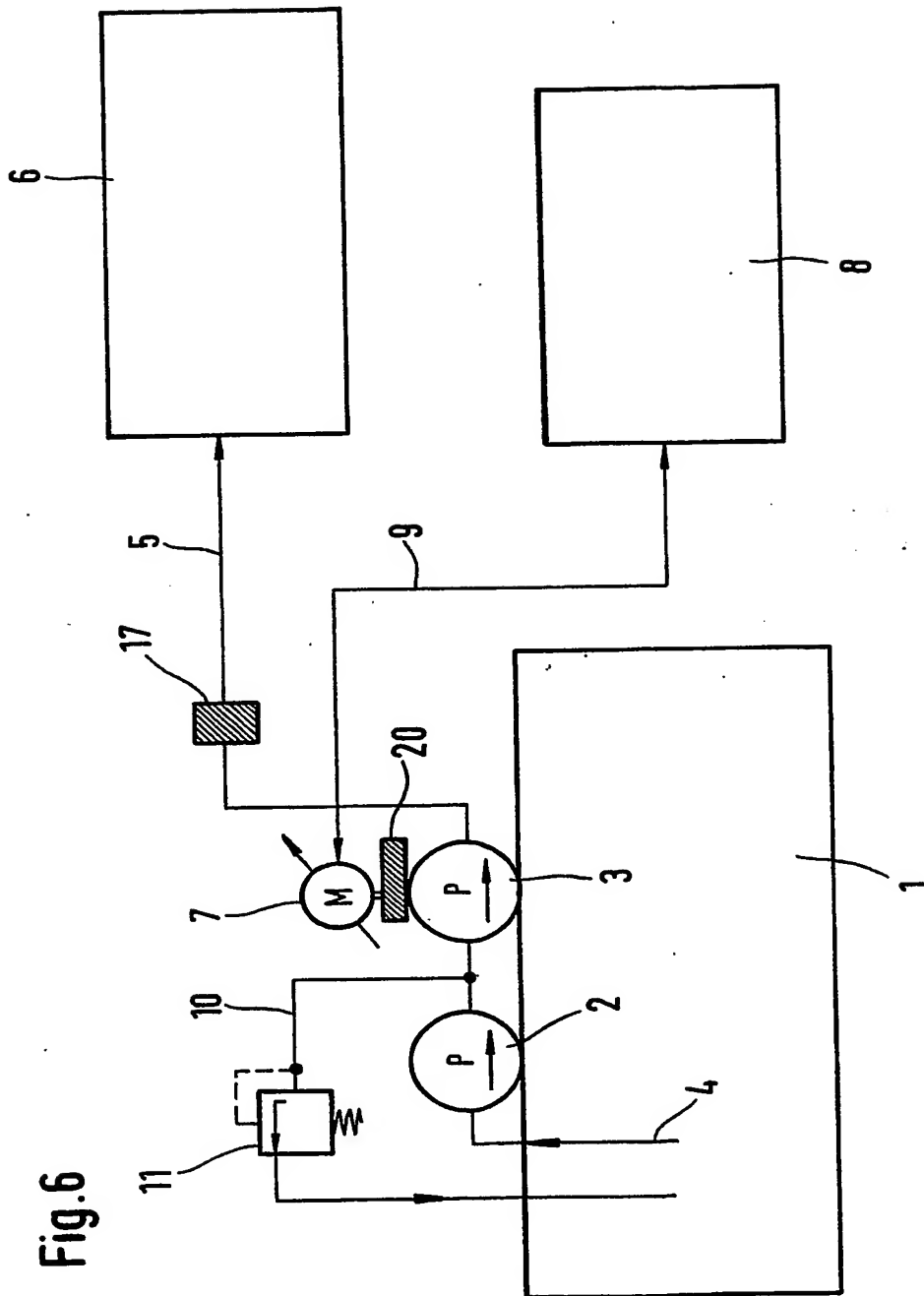


Fig.7

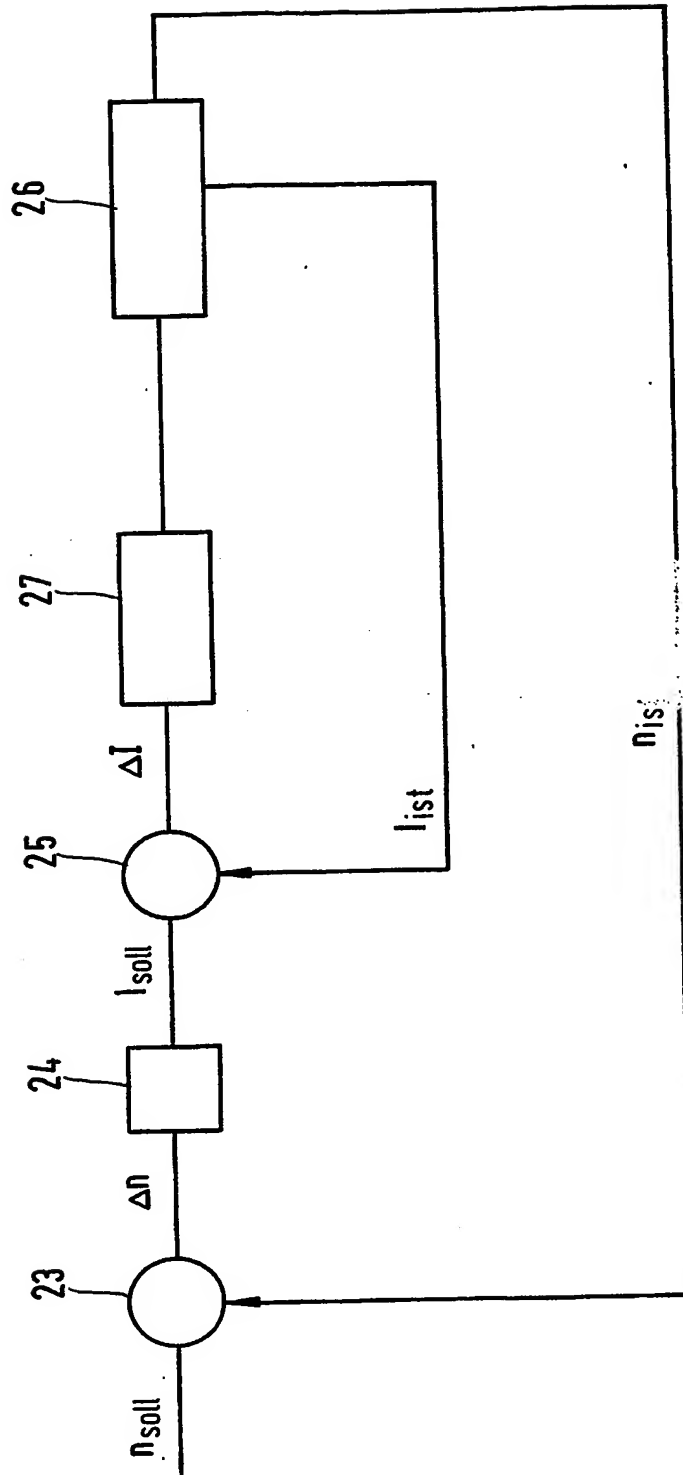
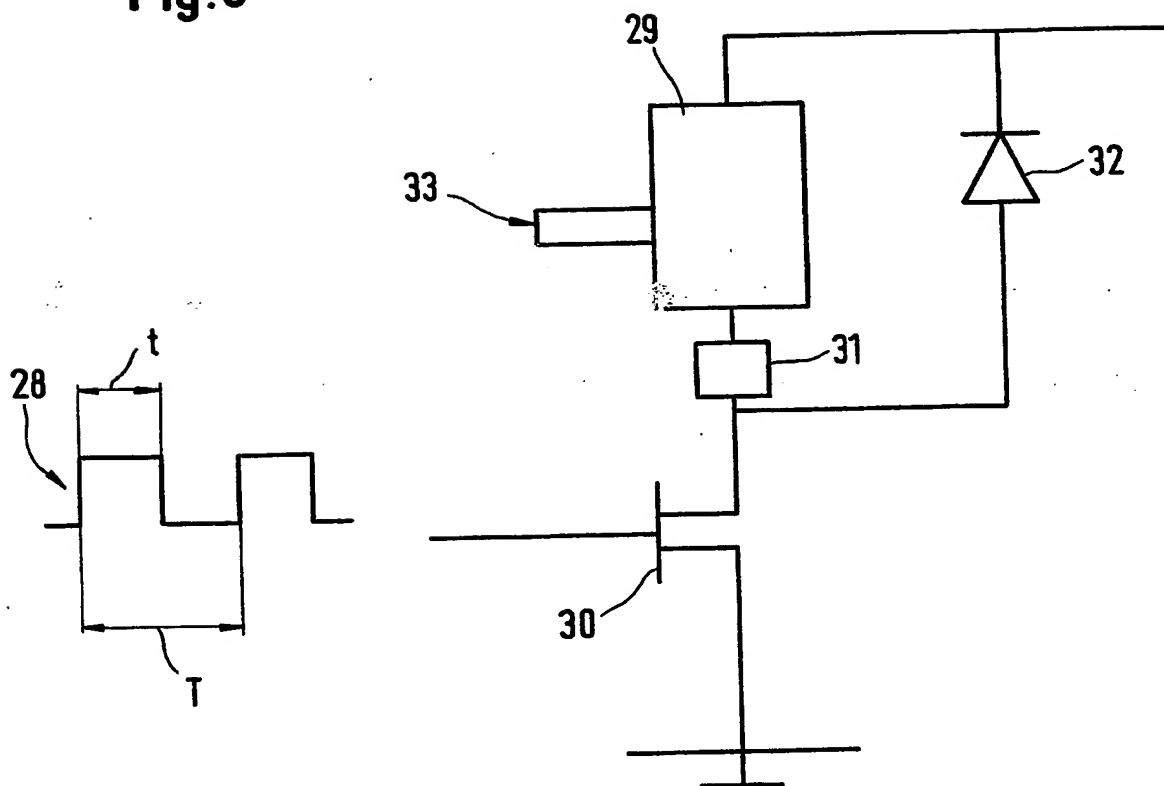


Fig. 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**